

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТАЛЛ-ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ «Mo–UO₂»

Котельникова А.А.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: m aak135@tpu.ru

Ядерное топливо (ЯТ) из диоксида урана, обогащенного по изотопу уран-235, имеет ряд существенных недостатков [1]: низкая теплопроводность, высокая хрупкость и склонность к растрескиванию, короткий цикл использования, ограниченный ресурс изотопа уран-235 и др. Это стало причиной замедления развития атомной энергетики и привело к отказу в ряде стран.

Перспективным направлением является создание дисперсионного ЯТ, которое характеризуется отсутствием прямых контактов между частицами топлива благодаря их равномерному распределению в матрице и обладает следующими преимуществами [2]: высокие теплопроводность и механические свойства, высокое «выгорание» делящихся материалов, радиационная стойкость и прочность; локализация продуктов деления и др.

Для получения металл-оксидных композиций перспективным является применение низкотемпературной плазмы. К преимуществам плазмохимического синтеза металл-оксидных композиций из водно-солевых композиций следует отнести [3,4]: одностадийность; высокую скорость; гомогенное распределение фаз с заданным стехиометрическим составом; возможность активно влиять на размер и морфологию частиц; компактность технологического оборудования; низкие удельные энергозатраты.

В работе рассмотрена возможность применения окислительной и восстановительной плазмы для плазмохимического синтеза металл-оксидных композиций «Mo–UO₂» из водно-солевых композиций (ВСК) «молибденовая кислота-нитрат уранила» и «молибденовая кислота-ацетат уранила».

Проведен расчет составов ВСК и режимов их плазменной обработки, обеспечивающих плазмохимический синтез композиций «Mo–UO₂». Расчеты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), в широком диапазоне температур (300–4000 К), с использованием различных плазменных теплоносителей (воздух, водород).

В результате проведенных расчетов определены оптимальные по составу водно-солевые композиции ВСК-1 (на основе молибденовой кислоты и нитрата уранила) и ВСК-2 (на основе молибденовой кислоты и ацетата уранила), а также режимы их плазменной обработки (массовое отношение фаз, температура), обеспечивающие плазмохимический синтез МОК «40 % Mo–60 % UO₂» в восстановительной водородной плазме.

Проведен расчет коэффициентов теплопроводности для МОК «40 % Mo–60 % UO₂», состоящих из непрерывной компоненты (матрицы из молибдена), в которой упорядоченно распределены включения из керамики в виде диоксида урана. Особое внимание уделено методам расчета коэффициентов теплопроводности данных композиций с использованием различных моделей. Проведено сравнение полученных расчетных данных с результатами экспериментов.

В результате проведенных расчетов коэффициентов теплопроводности металл-оксидных композиций с использованием ряда моделей показано, что модель с замкнутыми включениями Одолевского наиболее точно описывает экспериментальные данные для коэффициента теплопроводности λ композиционного материала МОК «40 % Mo–60 % UO₂».

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании различных металл-оксидных композиций для дисперсионного ядерного топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котельников Р.Б. и др. Высокотемпературное ядерное топливо. – М.: Атомиздат, 1978. – 432 с.
2. Алексеев С. В. Дисперсионное ядерное топливо. – М.: Техносфера, 2015. – 248 с.
3. Toumanov I.N., Sigailo A. V. Plasma Synthesis of Disperse Oxide Materials from Disintegrated Solutions // Materials Science and Engineering. 1991. – Vol. A140. – P. 539-548.
4. Туманов Ю. Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее. – М.: «Физматлит», 2003. – 759 с.